

不同寄主植物对 B 型烟粉虱发育适合度的影响^{*}

郭建英^{**} 杨 洋 丛 林 陈 婷 万方浩

(中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193)

摘 要 为探明寄主植物对 B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 种群发育适合度的影响, 采用室内实验比较了 B 型烟粉虱在番茄、棉花、菜豆和辣椒上的生存曲线、发育进度和成虫性比等生物学指标。结果表明, B 型烟粉虱种群在不同寄主植物上的生存曲线差异显著, 由卵发育至成虫的存活率由高到低依次为: 番茄 = 棉花 > 菜豆 > 辣椒。B 型烟粉虱在辣椒、棉花、菜豆和番茄上 50% 成虫羽化期依次为 25.5、23.0、22.8 和 22.5 d, 在辣椒上的发育进度显著慢于其他植物。在不同寄主植物上 B 型烟粉虱的雌成虫比例差异显著, 由高到低依次为: 辣椒 (63.0%) > 棉花 (58.3%) > 菜豆 (52.0%) > 番茄 (49.7%)。在番茄上 B 型烟粉虱第二代的生存率显著高于第一代, 发育速率较第一代加快, 雌成虫比例 (63.3%) 也显著高于第一代 (49.7%)。在棉花上, 第一代和第二代间的生存曲线、发育进度和雌成虫比例则差异不显著。可见, 不同寄主植物对 B 型烟粉虱的发育适合度不同, 在番茄上的发育适合度则以第二代较第一代显著提高。此外, B 型烟粉虱在不适寄主植物辣椒上的存活率较低, 但后代雌成虫比例增加, 推测 B 型烟粉虱可通过调整后代性比增加其在不适寄主植物上的种群。

关键词 B 型烟粉虱, 寄主植物, 生存曲线, 发育进度, 性比

Development fitness of *Bemisia tabaci* B-biotype feeding on different host plants

GUO Jian-Ying^{**} YANG Yang CONG Lin CHEN Ting WAN Fang-Hao

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract To reveal the impacts of host plants on the development and fitness of *Bemisia tabaci* B-biotype, survivorship curves, development rates and the adult sex ratio of *B. tabaci* populations on tomato, cotton, bean and pepper crops were compared under laboratory conditions. The results show that the survival rate of *B. tabaci* from egg to adult differed significantly on different host plants. Survival rates on different host plants could be ranked from highest to lowest as follows; tomato = cotton > bean > pepper. The developmental period from eggs to 50% adult eclosion was 25.5 d, 23.0 d, 22.8 d and 22.5 d on pepper, cotton, bean and tomato crops respectively. The proportion of adult females differed significantly among host plants; pepper (63.0%) > cotton (58.3%) > bean (52.0%) > tomato (49.7%). Compared with the first generation on tomato crops, the survival rate of the second generation was significantly higher, the developmental rate was accelerated, and the proportion of adult females was also significantly higher. In contrast, the survival, development and proportion of adult females of *B. tabaci* raised on cotton did not differ between the first two generations. This indicates that the development and fitness of *B. tabaci* B-biotype differs on different host plants. The observation that survival of *B. tabaci* on pepper was lowest but the proportion of adult females was the highest indicates that this insect can adjust its offspring sex ratio.

Key words *Bemisia tabaci* B-biotype, host plant, survival, development, sex ratio

^{*} 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803005)、国家自然科学基金 (30800722)、国家“973”计划项目 (2009CB119200)。

^{**} 通讯作者, E-mail: guojy@mail.caas.net.cn

收稿日期: 2010-12-23, 接受日期: 2011-01-07

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 又名棉粉虱、甘薯粉虱, 广泛分布于全球除南极洲以外的各大洲, 是热带、亚热带及相邻温带地区的主要害虫之一 (Brown *et al.*, 1995)。其寄主范围广泛, 包括棉花、蔬菜和园林花卉等植物, 主要以 3 种方式为害寄主植物, 给农业生产造成巨大的经济损失: 一是取食植物汁液、分泌蜜露污染植物产品; 二是引起植物生理异常; 三是传播植物病毒, 引发病毒病造成严重危害 (刘树生等, 2005)。根据其行为、危害习性和传毒能力等方面分化为 20 多个生物型 (Brown *et al.*, 1995; Perring, 2001; Boykin *et al.*, 2007)。其中, B 型烟粉虱因其寄主范围广、取食量大、适应性强、产卵量大、竞争取代能力强等特性, 被视为入侵性最强的生物型之一, 并被冠以“超级害虫”的恶名 (Culotta, 1991; Perring *et al.*, 1993; 褚栋等, 2007)。B 型烟粉虱于 20 世纪 90 年代入侵我国并迅速扩散, 迄今我国大部分省市和地区都不同程度地受到 B 型烟粉虱危害 (罗晨等, 2002; 刘树生等, 2005)。B 型烟粉虱的寄主植物范围广泛, 但其对寄主植物的适应能力有所差异, 不同的寄主植物可能导致烟粉虱若虫体形、发育历期和存活率等生物学特性的差异 (Powell and Bellow, 1992; 邱宝利等, 2003; 方华等, 2008; 张大山等, 2010), 但有关寄主植物对 B 型烟粉虱的种群发育进度和成虫性比的研究尚未见报道。由于种群中性比的变化对调整种群结构和动态具有重要作用 (Krainer and Carey, 1988), 本文比较了 B 型烟粉虱在几种重要寄主植物上的生存曲线、发育进度和成虫性比等发育特性, 以期了解不同寄主植物对 B 型烟粉虱发育的适合度, 为制定其综合治理方案提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

试用的所有虫源均为中国农业科学院廊坊中试基地以番茄 (cv. 金太阳) 为寄主饲养了多代的虫源。

1.2 供试寄主

供试寄主番茄品种为中杂 9 号、辣椒品种为中椒 16 号、菜豆品种为白丰、棉花品种为石远 321。

1.3 实验方法

在 60 cm × 60 cm × 60 cm 的养虫笼内放置 1

株番茄清洁苗, 从室内多代饲养种群中随机选取 40 对烟粉虱成虫, 释放 12 h 后取出成虫, 留下 200 粒卵供试, 然后将养虫笼置于 (27 ± 1) °C, RH: 70% ± 5%, L: D = 14: 10 的温室内, 每 3 天记录全株不同虫态烟粉虱的数量。在第一代成虫羽化高峰时, 按上述方法选择成虫产卵进行第二代观察。每处理 10 盆, 重复 3 次。各代成虫羽化高峰期, 分别随机吸取 100 头烟粉虱成虫于离心管中, 冷冻 10 min 后镜检雌雄。

1.4 数据统计方法

采用 log-rank test 分析存活率末次观测值大于零的生存曲线数据 (Pyke and Thompson, 1986)。不同寄主植物上烟粉虱后代雌成虫比例的数据, 经反正弦转换 (arcsine transformation) 后, 采用单因素方差分析 (one-way ANOVA: LSD) 进行方差分析。以上数据分析采用统计软件 SPSS 进行。

2 结果与分析

2.1 B 型烟粉虱在不同寄主植物上由卵发育至成虫的生存曲线比较

在不同寄主植物上 B 型烟粉虱由卵发育至成虫的生存曲线差异显著 (log-rank test, $df = 5$, $LR = 3269.260 > \chi^2_{(5, 0.05)} = 11.070$) (图 1)。

就第一代而言, B 型烟粉虱在辣椒上的生存曲线显著低于在菜豆 (log-rank test, $df = 1$, $LR = 1173.342 > \chi^2_{(1, 0.05)} = 3.840$)、番茄 ($LR = 2098.681 > \chi^2_{(1, 0.05)}$) 和棉花 ($LR = 2151.205 > \chi^2_{(1, 0.05)}$) 上的种群。B 型烟粉虱在菜豆上的生存曲线显著低于在番茄 ($LR = 94.969 > \chi^2_{(1, 0.05)}$) 和棉花 ($LR = 63.283 > \chi^2_{(1, 0.05)}$) 上的种群。番茄和棉花上 B 型烟粉虱的生存曲线差异不显著 ($LR = 3.111 > \chi^2_{(1, 0.05)}$) (图 1)。可见, B 型烟粉虱种群在不同寄主植物上的存活率由高到低依次为: 番茄 = 棉花 > 菜豆 > 辣椒, 这反映了 B 型烟粉虱种群在不同寄主植物上的适合度不同。

此外, 在番茄上 B 型烟粉虱第一代与第二代的生存曲线差异显著 (log-rank test, $df = 1$, $LR = 11.614 > \chi^2_{(1, 0.05)}$), 第二代的生存率显著高于第一代; 在棉花上的第一代与第二代差异不显著 ($LR = 0.015 < \chi^2_{(1, 0.05)}$); 第二代 B 型烟粉虱在番茄上的生存曲线显著高于棉花 ($LR = 24.958 > \chi^2_{(1, 0.05)}$) (图 1)。

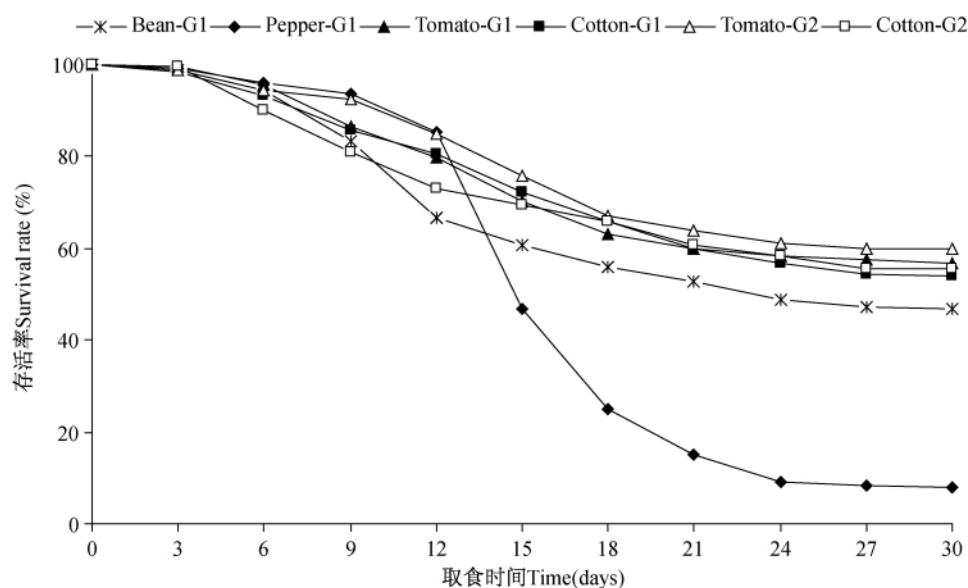


图 1 B 型烟粉虱在不同寄主植物上由卵发育至成虫的生存曲线

Fig. 1 Survival of *B. tabaci* B-biotype from egg to adult on different host plants

G1 和 G2 分别表示第一代和第二代,下同。

G1 and G2 indicate the first and the second generations, respectively.

Same for the following figure and table.

2.2 B 型烟粉虱在不同寄主植物上的发育进度

在不同寄主植物上 B 型烟粉虱第一代各龄期发育速率差异显著,在菜豆、辣椒、番茄和棉花上,50% 成虫羽化时期分别在第 22.8、25.5、22.5 和 23.0 天左右(图 2);可见,B 型烟粉虱在辣椒上的发育进度显著慢于棉花、菜豆和番茄。

此外,B 型烟粉虱在番茄上第一代和第二代 50% 成虫羽化时期分别在第 22.5 天和第 20.8 天(图 2),第二代的发育速率较第一代加快;在棉花上第一代和第二代 50% 成虫羽化时期分别在第 23.0 天和第 23.6 天(图 2)。

2.3 B 型烟粉虱在不同寄主植物发育至成虫的性比

在不同寄主植物上 B 型烟粉虱由卵发育至成虫的雌成虫比例差异显著(ANOVA:LSD, $df=3,8$, $F=5.411$, $P=0.025$),由高到低依次为:辣椒>棉花>菜豆>番茄,在番茄和菜豆上的后代雌成虫比例接近 50%,在棉花和辣椒上的雌成虫比例分别为 58.3% 和 63.0% (表 1)。

结合图 1 和表 1, B 型烟粉虱在不适寄主植物辣椒上的存活率较低,但后代雌成虫比例增加,推测 B 型烟粉虱可通过调整后代性比增加其在不适寄主植物上的种群。

此外,在番茄上, B 型烟粉虱第二代的雌成虫比例为 63.3%,显著高于第一代的 49.7%;在棉花上, B 型烟粉虱第一代和第二代的雌成虫比例差异则不显著(表 1)。

表 1 在不同寄主植物上 B 型烟粉虱由卵发育至成虫的雌成虫比例

Table 1 Percentage of *B. tabaci* B-biotype female adults eclosed on different host plants

寄主植物 Host plant	雌成虫比例 Percentage of female adults (%)
菜豆第一代 Bean-G1	52.0 ± 2.6 ab
辣椒第一代 Pepper-G1	63.0 ± 5.0 c
番茄第一代 Tomato-G1	49.7 ± 4.9 a
棉花第一代 Cotton-G1	58.3 ± 5.0 bc
番茄第二代 Tomato-G2	63.3 ± 3.1 c
棉花第二代 Cotton-G2	57.7 ± 3.1 bc

注: Mean ± SD, 同列数据后不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$, ANOVA:LSD, 数据经反正弦转换)。

Data are Mean ± SD. Different small letters in the same row indicate significant differences among treatments ($P < 0.05$, ANOVA:LSD, data are arcsine transformed before analysis).

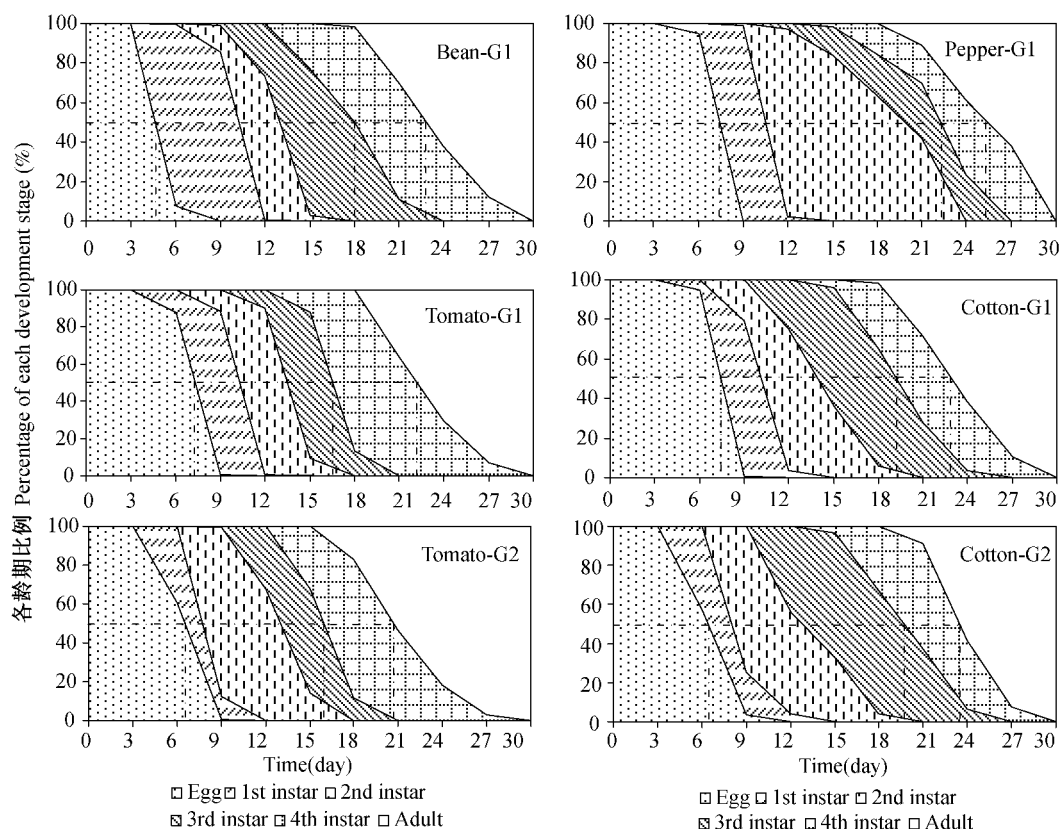


图2 B型烟粉虱在不同寄主植物上的发育进度

Fig. 2 Development progress of *B. tabaci* B-biotype on different host plants

3 讨论

寄主植物的防御性物质和营养水平是决定植食性昆虫发育历期和存活率的重要因素 (Horowitz, 1986; 钦俊德, 2003)。尽管 B 型烟粉虱的寄主植物范围广泛, 但其在不同寄主植物上表现出较大的形态可塑性和生态适应性。如, 方华等 (2008) 报道其在不同寄主植物上伪蛹形态具有明显差异; 张大山等 (2010) 报道其在不同寄主植物上 1 龄、2 龄、4 龄若虫和成虫的体长和体宽差异显著。邱宝利等 (2003) 比较 B 型烟粉虱在番茄、茄子、黄瓜和甘蓝的发育、存活和繁殖特性, 发现茄子是烟粉虱种群生长和繁殖发育最适宜的寄主, 黄瓜最次; 张大山等 (2010) 应用生命表参数评价 B 型烟粉虱在黄瓜、烟草和茄子上的发育和繁殖特性, 则发现茄子最不宜 B 型烟粉虱的生长和繁殖, 烟草居中, 黄瓜最为适宜。造成上述差异的原因可能是由于供试 B 型烟粉虱种群来源或供试寄主植物品种的差异。本文对番茄、辣椒、菜豆和棉花这 4 种寄主植物的测定表明, B 型烟粉虱在

辣椒上的发育适合度较差, 表现为存活率较低和发育进程较慢, 这是否由于辣椒中含有防御性次生物质 (辣椒素) 影响其正常的取食活动所致, 有待通过刺吸电波技术 (electrical penetration graph, EPG) 比较其取食波形加以明确; 或是否与植物体内营养物质含量的差异有关, 有待进一步分析测定。

对于一些能够进行产雄孤雌生殖的节肢动物而言, 种群中性比的变化对调整种群结构和动态具有重要作用 (Krainacker and Carey, 1988)。烟粉虱是单倍体—二倍体物种, 其以两性生殖为主, 也可孤雌生殖, 受精卵 (双倍体) 发育成雌性, 未受精卵 (单倍体) 发育成雄性 (Byrne and Bellows, 1991)。本研究发现, 尽管 B 型烟粉虱在不适宜寄主植物辣椒上的存活率较低, 但后代雌成虫比例增加, 推测 B 型烟粉虱可通过调整后代性比增加其在不利寄主植物上的种群, 但这一生殖对策的生理响应机制有待明确。

安新城和任顺祥 (2009) 的研究表明, 烟粉虱对寄主植物的取食经验能使其快速适应寄主植

物,但对不同寄主植物的适应能力不同。本研究中,B 型烟粉虱初始种群均采自番茄 (cv. 金太阳),然后分别转接至番茄 (cv. 中杂 9 号)、菜豆、棉花和辣椒;并在番茄和棉花上进行了连续两代的观察。结果表明,B 型烟粉虱在番茄上的发育适合度第二代较第一代显著提高,表现为第二代的生存率显著高于第一代、发育速率较第一代加快、雌成虫比例也显著高于第一代。但在棉花上未显现这种适合度显著提高的现象。可见,B 型烟粉虱对于其他品种番茄具有快速适应的能力,对于其他寄主植物的适应能力则有待进一步研究。

参考文献 (References)

- 安新城,任顺祥,2009. 取食经验对烟粉虱寄主适应性的影响. 华南农业大学学报,30(1):27—30.
- Boykin LM, Shatters RG, Rosell RC, McKenzie CL, Bagnall RA, De Barro P, Frohlich DR, 2007. Global relationships of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) revealed using Bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 44(3):1306—1319.
- Brown JK, Frohlich DR, Rosell RC, 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annu. Rev. Entomol.*, 40:511—534.
- Byrne DN, Bellows TS, 1991. Whitefly biology. *Annu. Rev. Entomol.*, 36:431—457.
- 褚栋,刘国霞,陶云荔,万方浩,张友军,2007. 烟粉虱 Q 型与 B 型种群动态及其影响因子研究进展. 植物保护学报,34(3):326—330.
- Culotta E, 1991. “Superbug” attacks California crops. *Science*, 254:14—45.
- 方华,褚栋,丛斌,王斌,张友军,2008. B 型烟粉虱不同寄主植物伪蛹形态可塑性比较. 昆虫知识,45(4):585—588.
- Horowitz AR. Population dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) with special emphasis on cotton fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 17:37—47.
- Krainacker DA, Carey JR, 1998. Maternal heterogeneity in primary sex ratio of three Tetranychid mites. *Exp. Appl. Acarol.*, 5:151—162.
- 刘树生,张友军,罗晨,万方浩,2005. 烟粉虱 // 万方浩,郑小波,郭建英 编著. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京:科学出版社. 69—128.
- 罗晨,姚远,王戎疆,闫凤鸣,胡敦孝,张芝利,2002. 利用 mtDNA COI 基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报,45(6):759—763.
- Perring T M, Cooper AD, Rodriguez RJ, Farrar CA, Bellows TS, 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science*, 259:74—77.
- Perring TM. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*, 2001, 20(9):725—737.
- Powell DA, Bellow TS, 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. *Environmental Entomology*, 21:359—363.
- Pyke DA, Thompson JN, 1986. Statistical analysis of survival and removal experiments. *Ecology*, 67:240—245.
- 钦俊德,2003. 诠释植食性昆虫是怎样选择食料植物的. 生物学通报,38(6):1—3.
- 邱宝利,任顺祥,林莉, Musa PD, 2003. 不同寄主植物对烟粉虱发育和繁殖的影响. 生态学报,23(6):1206—1211.
- 张大山,蒋金炜,丁识伯,姬琨,闫凤鸣,2010. 4 种寄主植物对 B 型烟粉虱生长发育的影响. 河南农业大学学报,44(2):180—184.